

ラットは報酬ペレット数からなる2つの 系列パターンを弁別できるか

矢澤 久史

近年の動物学習のトピックの1つとして、系列パターン学習に関する研究がある。ラットの系列パターン学習実験では、第1試行で14ペレット、第2試行で7ペレットというように直線走路の目標箱で与える報酬用ペレットの個数を刺激項目とする強化系列が提示される。これまで、単調減少系列14-7-3-1-0を受けた群の方が非単調系列14-1-3-7-0群よりも0ペレット試行の走行が遅く、0ペレット予期が優れるなど、様々な系列パターンに対する比較が行われている（詳しくは、矢澤, 1986, 1992を参照）。しかし、従来の実験では被験体間条件によって各群の0ペレット予期を比較していたため、訓練を通して各被験体にはいずれか1つの強化系列しか与えていなかった。つまり、被験体内条件を用いてラットがペレット数を刺激項目とする2つの異なる系列パターンを弁別できるかを検討した研究は行われていない。

一方、強化の有無や強化子の質的差異を刺激項目とする場合には、ラットは2つの強化系列を弁別できることが報告されている。Capaldi & Verry (1981, 実験1) は、R-N-N系列（Rは強化、Nは無強化を示す）とN-N-R系列を同一被験体に1日に2回ずつランダムに与え、ラットはN-N-R系列の第3試行では速く走ったのに対し、R-N-N系列の第3試行での走行が遅いことを見出した。この結果は、第1試行がRかNかという強化の有無に基づいて、ラットがどちらの系列が

行われているのかを弁別していたことを示している。

また、Capaldi & Miller (1988, 実験1) は、質的に異なる3種類の食物強化子からなるX-N-Y系列とZ-N-N系列をランダムな順序で毎日3回ずつ提示した。ここで、Xはペレット、Yはポップコーン、Zはハニースマック、Nは無強化を示す。実験の結果、ラットはX-N-Y系列の第3試行では報酬を予期して速く走り、Z-N-N系列の第3試行では無報酬を予期して遅く走っていた。つまり、ラットは第1試行がペレットであるかハニースマックであるかという食物報酬の種類に基づいて系列を弁別していた。

Capaldi & Verry (1981) と Capaldi & Miller (1988) の以上の研究は系列弁別を扱っていたが、両研究ともペレット数というような数的刺激からなる系列に対する弁別を検討したものではない。

本実験では、毎日14-7-3-1-0系列が先で14-1-3-7-0系列を後で提示するMON-NON (Monotonic-Nonmonotonic) 群、その逆であるNON-MON (Nonmonotonic-Monotonic) 群、2つの系列の提示順序がランダムであるRandom群の3群を比較することによって、ラットがペレット数の刺激項目からなる2つの異なる系列パターンを弁別できるかどうかを検討することを目的とする。本実験において14-7-3-1-0系列の方が14-1-3-7-0系列よりも0ペレットに対する走行が遅く

なるという被験体間条件による結果 (e.g., Hulse, 1978; 矢澤・藤田, 1992) と同様な結果が得られれば, その群ではラットが2つの系列を弁別していたことになる。

MON-NON群とNON-MON群では系列の提示順序が固定されているので, 系列弁別の手がかりとして順序手がかりを利用することが可能である。したがって, もしラットが系列の提示順序に基づいて系列を弁別しているのであれば, MON-NON群とNON-MON群の2群においてのみ14-7-3-1-0系列の0ペレット予期の方が優れることが予測される。

一方, Random群では系列の提示順序に基づいて系列を弁別することはできない。すなわち, Random群ではどちらの系列が行われているかを弁別するためには, 系列内の手がかりを用いることが求められる。つまり, ラットは系列の第2試行が7ペレットであるか1ペレットであるかという数的手がかりを用いなくてはならない。そこで, MON-NON群, NON-MON群に加えてRandom群においても14-7-3-1-0系列の0ペレット予期の方が優れているのであれば, ラットは系列の第2試行のペレット数に基づいて系列を弁別していたことになる。なお, 以上の3群に統制群として14-1-3-7-0系列を毎日2回提示するNON-NON群を加える。

方 法

被験体 被験体としてWistar系のナীবな雄ラット28匹が用いられた。これらのラットは実験開始時に約80日齢だった。

装置 装置として, 長さ23cmの出発箱, 93cmの走路, 31cmの目標箱からなる全長147cm, 幅12cm, 高さ16cmの木製灰色直線走路が用いられた。各部分は灰色プラスチック製のギロチンドアによって仕切られており, 上部には透明なプレキシグラスの蓋が付けられていた。目標箱の終端に報酬用ペレットを置くために直径3cm, 高さ0.7cmの餌皿が取り付けられた。なお, この走路はYazawa & Fujita (1984)

や矢澤 (1993) で用いたのと同じのものであった。

走路にはタイマーに接続された1組の光電管が設置された。出発箱のギロチンドアを開けると同時にタイマーが作動し, 目標箱のギロチンドアから21cm先に設置された光電管が遮断されるまでの時間 (走行時間) が測定された。

手続き 実験は予備訓練期(12日間), 弁別期(44日間) からなっていた。

(1)予備訓練期: 予備訓練1日目より, 1匹あたり約12gの餌を与えるという食餌制限を開始した。これによって, すべてのラットの体重を予備訓練最終日までに実験開始前の85~90%まで減少させ, この体重は実験終了時まで維持された。予備訓練5日目から8日目まで各ラットに個別ケージ内で45mgのペレット14個を与え, 報酬用ペレットに慣れさせた。9日目と10日目には, 各ラットに対し3分間のハンドリングを行った後, 個別ケージ内でペレット14個が与えられた。11日目と12日目には, 3分間のハンドリング終了後, 4匹を1組として8分間の集団走路探索が行われた。探索時には2つのギロチンドアは開けられていた。探索終了後, 各ラットに対し個別ケージ内でペレットが14個与えられた。

(2)弁別期: 予備訓練期終了の翌日 (弁別期1日目) に, 被験体は4群 (各群7匹) にランダムに分けられ, 44日間にわたり弁別期の訓練が行われた。MON-NON群, NON-MON群, Random群の3群では, それぞれ5試行からなる14-7-3-1-0系列と14-1-3-7-0系列が以下のような順序でそれぞれ1日1回ずつ提示された。MON-NON群では毎日14-7-3-1-0系列の次に14-1-3-7-0系列が提示された。NON-MON群ではMON-NON群とは逆に14-1-3-7-0系列の後に14-7-3-1-0系列が提示された。Random群ではどちらの系列が先に提示されるかはランダムであった。ただし, 14-7-3-1-0系列が先に提示される日をA, 14-1-3-7-0系列が先の日をBとした場合, 4日ごとの組み合わせはA A B B, B B A A, A

BAB, BABA, ABBA, BAABのいずれかになるように決められた。また, NON-NON群では, 毎日14-1-3-7-0系列が2回提示された。以上の4群とも試行間隔は10-15秒, 2つの系列間の間隔は30分であった。

実験は各群1匹からなる4匹を1グループとして行われた。毎日の実験開始に先立ってラットは飼育室から実験室に移動され, 個別ケージに移された。この個別ケージでは自由に水を飲むことができた。弁別訓練では, 出発箱にラットを入れた直後に出発箱のギロチンドアを開け, ラットの全身が走路部分に出た時に閉めた。目標箱のギロチンドアは, ラットが目標箱に完全に入った時に閉められた。強化試行時には, 決められた数の45mg報酬用ペレットが目標箱内の餌皿に置かれ, ラットは最後のペレットを食べ終わるとすぐに目標箱から個別ケージに移された。そして, 10~15秒後にそのラットの次試行が開始された。0ペレット試行時には, 目標箱に10秒間閉じ込めた後, 個別ケージへ移された。そこで30分の系列間隔を過ごした後, その日の第2系列における第1試行が開始された。なお, この30分の系列間隔の間に他のラットに対する5試行からなる系列が適宜行われた。

グループ内のすべてのラットの1日の試行

が終了した約10分後にラットは飼育室へ戻され, 飼育室の個別ケージで約12gの餌が与えられた後, 集団ケージに戻された。そして, 次のグループの訓練が同様にして行われた。なお, 個体識別は体に塗られたメチレンブルーの位置によってなされていた。

結 果

結果の分析には, 走行時間を逆数変換した値を用いた。この値をここでは走行速度と呼ぶ。Figure 1は, 弁別期最終ブロック(第41~44日)におけるMON-NON群(左図), NON-MON群(中央図), NON-NON群(右図)の各試行の走行速度を示したものである。

Figure 1について各群別に分散分析を行った結果, MON-NON群とNON-MON群では系列×試行の交互作用が有意であり(MON-NON群; $F=3.10$, $df=4/24$, $p<.05$; NON-MON群; $F=5.06$, $df=4/24$, $p<.01$), この2群とも14-7-3-1-0系列と14-1-3-7-0系列に対する走行パターンが異なっていることが示された。一方, NON-NON群では系列×試行の交互作用は有意ではなく, 最初の14-1-3-7-0系列と2番目の14-1-3-7-0系列に対する走行パターンには差が示されな

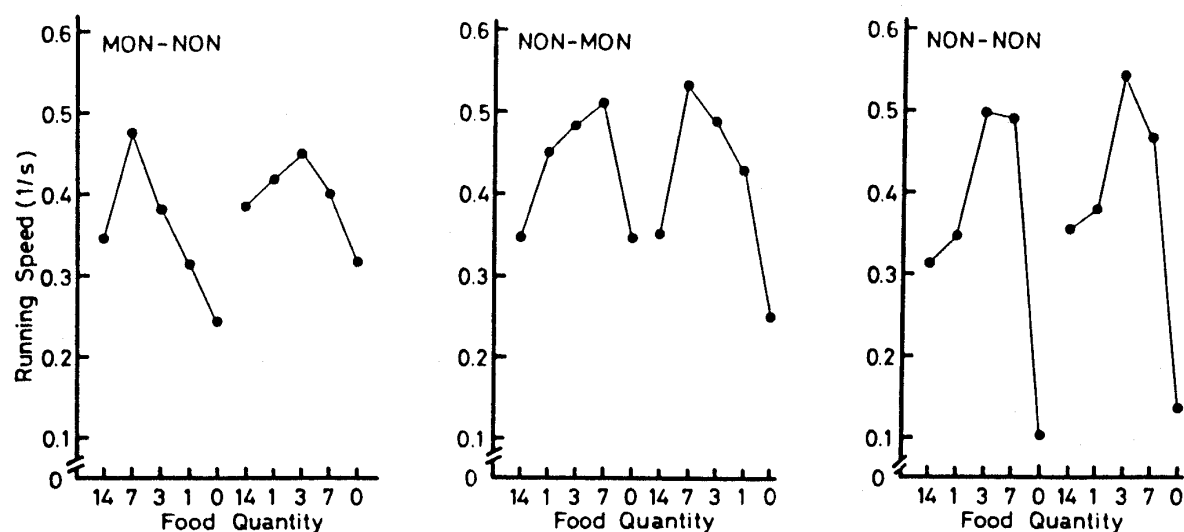


Figure 1. Running speeds in Group MON-NON, Group NON-MON and Group NON-NON on each trial of the last block in the discrimination session.

かった。

さらに、各群別にどの試行間に差があるのかをRyanの多重比較で分析した。なお、有意水準はすべて5%とした。MON-NON群の14-7-3-1-0系列では、走行速度は0ペレット試行<1ペレット試行<14ペレット試行=3ペレット試行<7ペレット試行であった。14-1-3-7-0系列では、0ペレット試行の走行は他のどの試行よりも遅く、他の試行間には有意な差は示されなかった。また、両系列の0ペレット試行の走行を比較したところ、14-1-3-7-0系列よりも14-7-3-1-0系列の0ペレット試行の走行の方が遅かった。以上のことから、MON-NON群では両系列とも0ペレット予期がなされていたが、14-7-3-1-0系列の方が0ペレット予期が優れていたことがわかる。

NON-MON群の14-1-3-7-0系列では、0ペレット試行と14ペレット試行の走行には差がなく、この2試行は他の3試行の走行よりもそれぞれ有意に遅かった。14-7-3-1-0系列では、0ペレット試行の走行が最も遅く、次に14ペレット試行が続き、1ペレット試行よりも7ペレット試行の方が有意に速かった。さらに、14-1-3-7-0系列よりも14-7-3-1-0系列の0ペレット試行での走行が有意に遅く、14-7-3-1-0系列の方が0ペレット予期が優れていた。

NON-NON群では、いずれの系列におい

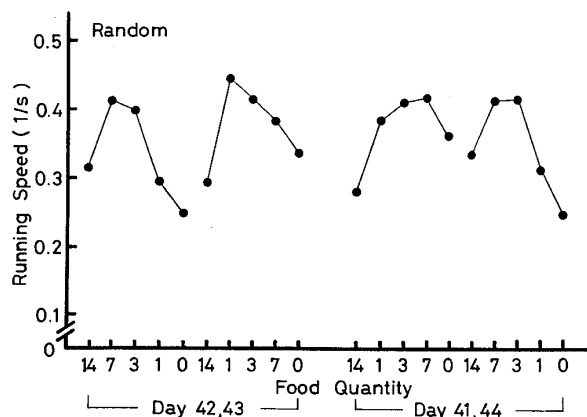


Figure 2. Running speeds in Group Random on each trial of Days 42-43 and Days 41-44.

ても走行速度は、0ペレット試行<14ペレット試行=1ペレット試行<7ペレット試行=3ペレット試行であった。また、NON-NON群では両系列の0ペレット予期には有意な差は示されなかった。

Figure 2は、Random群の弁別期最終ブロックにおいて、14-7-3-1-0系列が先で14-1-3-7-0系列が後に提示された42・43日目と、14-1-3-7-0系列の次に14-7-3-1-0系列が提示された41・44日の走行速度を、それぞれ示したものである。Figure 2に関する全体の分散分析の結果、2日ブロック×系列×試行の交互作用が5%水準で有意であり($F=3.40$, $df=4/24$, $p<.05$), 日内の第1系列と第2系列に対する走行パターンの形態が42・43日目と41・44日では異なっていた。そこで2日ブロック別に分散分析を行ったところ、系列×試行の交互作用は42・43日目では10%水準で有意な傾向が示され($F=2.31$, $df=4/24$, $p<.10$), 41・44日目では5%水準で有意であったので($F=3.60$, $df=4/24$, $p<.05$), さらにRyanの多重比較を行った。

その結果、42・43日目の14-7-3-1-0系列では走行速度は0ペレット試行<1ペレット試行=14ペレット試行<3ペレット試行=7ペレット試行であった。一方、14-1-3-7-0系列では0ペレット試行と14ペレット試行での走行が他の試行よりも遅く、7ペレット試行は1ペレット試行よりも遅かった。さらに、14-1-3-7-0系列よりも14-7-3-1-0系列の方が0ペレット試行の走行が遅かった。41・44日目について見ると、14-1-3-7-0系列では14ペレット試行の走行が他の試行よりも遅く、0ペレット試行は3ペレットと7ペレット試行よりも遅かった。14-7-3-1-0系列での走行速度は、0ペレット試行<1ペレット試行=14ペレット試行<7ペレット試行=3ペレット試行であった。また、41・44日目においても14-1-3-7-0系列よりも14-7-3-1-0系列の方が0ペレット試行の走行が遅かった。したがって、Random群ではいずれの場合にも14-1-3-7-0系列よりも14-7-3-1-0系列の方が0ペレット

予期が優れていたことがわかる。

考 察

本実験では、被験体内条件を用いてMON-NON群、NON-MON群、Random群に14-7-3-1-0系列と14-1-3-7-0系列の2つの系列を与えた。その結果、3群とも14-7-3-1-0系列の方が14-1-3-7-0系列よりも0ペレット試行での走行が遅かった。14-7-3-1-0系列の方が0ペレット予期が良いという結果は、Hulse (1978) や矢澤・藤田 (1992) が被験体間条件で見出した結果と一致する。被験体内条件でも被験体間条件と同様な結果が示されたことから、本実験での3群のラットは与えられた2つの系列を弁別していたといえる。

Capaldi, Nawrocki, & Verry (1983) は、R-N-R系列とR-N-N系列を毎日固定した順序で提示し、ラットがこの2系列を弁別できたことを報告している。彼らの実験では、両系列の第1, 2試行はともにR-Nと同じであるので、ラットは2つの系列を弁別するのに系列の提示順序に関連する手がかりを利用していたことが示唆された。これに対し、本実験では強化系列の提示順序が固定されたMON-NON群とNON-MON群の2群に加えて、2つの系列がランダムに提示されたRandom群においても、この2つの系列は弁別されていた。MON-NON群では、Capaldi et al. (1983) の実験で示されたのと同様に、第1系列が14-7-3-1-0系列で第2系列が14-1-3-7-0系列であるというように系列の提示順序に関連した手がかりが利用できる。NON-MON群でも同様なことが当てはまる。しかし、Random群では順序手がかりによって系列を弁別することはできない。したがって、この3群の結果を総合すると、本実験ではラットが順序手がかり以外の手がかりを用いていたことになる。

Capaldi, Miller, Alptekin, & Barry (1990) は、ラットが2つの系列のいずれが生起するかを15分前に提示された系列に基づいて決

定できることを報告している。これに基づけば、本実験でのRandom群では、先に提示されたのが14-7-3-1-0系列であれば次は14-1-3-7-0系列である（あるいはその逆）というように第1系列に基づいて第2系列を予測することが可能であったかもしれない。しかし、この考え方では第1系列における0ペレットがどのように予期できたかを説明できない。同様なことが、MON-NON群、NON-MON群の第1系列に関する結果に対しても言える。このように、本実験での3群の結果は、Capaldi et al. (1990) の研究で示されていたような直前の系列を手がかりとした系列弁別としてだけでは捉えることはできない。

Capaldi, Nawrocki, Miller & Verry (1985) は、ラットに14-7-3-1-0系列を与えた場合、第5試行では直前の試行で1ペレットが与えられたというペレット数に関する記憶 S^1 が0ペレットに対する信号となることを仮定している。本実験での3群の14-7-3-1-0系列において S^1 が0ペレットを信号していたとすれば、 S^1 が生起したと考えられる14-1-3-7-0系列の第3試行でも走行が遅くなったはずである。しかし、そのような結果は得られなかった。また、14-1-3-7-0系列では7ペレット試行に後続した0ペレット試行の走行は遅かったが、7ペレットの記憶 S^7 が0ペレットを信号していたとすると、14-7-3-1-0系列において S^7 が生起したはずの第3試行の走行が遅くならなかったことが説明できない。このように、2系列を提示した本研究では、ラットは直前試行で与えられたペレット数に関する記憶を手がかりとして0ペレットを予測していたとは言えない。

本実験で与えられた系列は第1試行はともに14ペレットであったが、第2試行で7ペレットが与えられたか1ペレットであったかによって14-7-3-1-0系列と14-1-3-7-0系列のいずれであるかが決定できた。したがって、系列の第2試行でのペレット数という系列内の手がかりを用いることが可能であった。つまり、ラットは、第2試行が7ペレットである

場合にはそれは14-7-3-1-0系列であり、第2試行が1である場合には14-1-3-7-0系列であるというように、第2試行が7か1かという数的手がかりであるペレット数によって2つの系列のどちらが行われていたのかを弁別することができた。このような弁別は2つの系列の提示順序が固定されているかランダムかに関係なく可能であった。これがまさに、MON-NON群とNON-MON群に加えてRandom群でも14-7-3-1-0系列の0ペレット予期の方が優れていたという本結果をすべて説明できる見解である。

Capaldi & Verry (1981) は、第1試行の強化の有無に基づいてラットがR-N-N系列とN-N-R系列を弁別していたことを報告している。また、Capaldi & Miller (1988) の実験1では、第1試行で与えられた食物報酬の種類を手がかりとしてX-N-Y系列とZ-N-N系列が弁別されていた。この両研究では、第1試行での刺激が系列内手がかりとなっていた。これに対し、本実験では、ラットが用いていたのは、第2試行で与えられたペレット数という数的な刺激であった。

数の弁別について、Hulse & O'Leary (1982) は4本のアームからなる放射状迷路を用いた実験で、ペレット数の多い順にアームが選択されたことから、ラットはペレット数を弁別できたことを報告している。これに対し、本研究の結果はラットが単にペレット数を弁別しているだけでなく、ペレット数の違いを系列弁別の手がかりとして利用できることを示している。Capaldi (1992) は、2つの異なる系列が与えられ、どちらの系列が生起するかを予測できたときにリストチャンクが形成されると述べている。本実験では、ラットは、第2試行でのペレット数に基づいて、Capaldiが言うところのリストチャンクを形成していたと考えることができる。

本実験ではMON-NON群の14-1-3-7-0系列を除いて14ペレット試行の走行が7, 3, 1ペレット試行のいずれかよりも遅いという結果が得られた。14-7-3-1-0系列における1

ペレット試行の走行が0ペレット試行以外の試行よりも遅いことがあっても、14ペレット試行の走行がそれらの走行よりも遅いという結果はこれまで報告されていない (e.g., Hulse, 1978; Roitblat, Pologe, & Scopatz, 1983)。14-1-7-3-0系列だけを提示されたNON-NON群でも14ペレット試行の走行が3, 7ペレット試行よりも遅いので、他の3群において2つの異なる系列が与えられたことが14ペレット試行に何らかの影響を与えたとも考えにくく、なぜ14ペレット試行で走行が遅かったのかは現在のところ不明である。

個体間条件を用いた場合、14-7-3-1-0系列に比べて14-1-3-7-0系列の0ペレット予期の出現は遅く、0ペレット予期も悪い (e.g., Hulse, 1978)。今回14-7-3-1-0系列だけの群を設けなかったので比較はできないが、本研究ではNON-NON群の0ペレット予期は非常に優れていた。これは44日間という長い訓練が行われたことによると考えられる。このNON-NON群に比べると、他の3群では14-1-3-7-0系列の0ペレット予期が悪かったことから、14-7-3-1-0系列を行うことが14-1-3-7-0系列の0ペレット予期を促進したのではなく、妨害したことがわかる。本研究のNON-NON群以外の3群のように異なる2つの系列を与えるということは、ラットにとってかなり難しい課題であったと思われる。

引用文献

- Capaldi, E.J. 1992 Levels of organized behavior in rats. In W.K. Honig, & J.G. Fetterman (Eds.), *Cognitive aspects of stimulus control*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Capaldi, E.J., & Miller, D.J. 1988 The rat's simultaneous anticipation of remote events and current events can be sustained by event memories alone. *Animal Learning & Behavior*, 16, 1-7.
- Capaldi, E.J., & Verry, D.R. 1981 Serial order anticipation learning in rats: Memory for multiple hedonic events and their order. *Animal Learning & Behavior*, 9, 441-453.

- Capaldi, E.J., Nawrocki, T.M., & Verry, D.R. 1983
The nature of anticipation: An inter- and intraevent process. *Animal Learning & Behavior*, **11**, 193-198.
- Capaldi, E.J., Nawrocki, T.M., Miller, D.J., & Verry, D.R. 1985 An examination into some variables said to affect serial learning. *Animal Learning & Behavior*, **13**, 129-136.
- Capaldi, E.J., Miller, D.J., Alptekin, S., & Barry, K. 1990 Organized responding in instrumental learning: Chunking and superchunks. *Learning and Motivation*, **21**, 415-433.
- Hulse, S.H. 1978 Cognitive structure and serial pattern learning. In S.H.Hulse, H.Fowler, & W. K. Honig (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hulse, S.H., & O'Leary, D.K. 1982 Serial pattern learning: Teaching an alphabet to rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **8**, 260-273.
- Roitblat, H.L., Pologe, B., & Scopatz, R.A. 1983 The representation of items in serial position. *Animal Learning & Behavior*, **11**, 489-498.
- 矢澤久史 1986 ラットにおける系列学習研究の動向(1)——S.H.HulseとE.J.Capaldiの対立—— 東海女子大学紀要, **6**, 171-181
- 矢澤久史 1992 ラットにおける系列学習研究の動向(2)——1980年代の展開—— 東海女子大学紀要, **12**, 227-239.
- 矢澤久史 1993 ラットの強化パターン学習における短い試行間隔による分節化 心理学研究, **64**, 67-71.
- Yazawa H., & Fujita O. 1984 Reinforcement pattern learning: Do rats remember all prior events? *Animal Learning & Behavior*, **12**, 383-390.
- 矢澤久史 藤田統 1992 ラットの系列パターン学習に及ぼす走行間隔の効果 心理学研究, **63**, 128-132.